

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 629 699** ⁽¹³⁾ **C1**

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
(51) МПК
[G01N 11/16 \(2006.01\)](#)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: прекратил действие, но может быть восстановлен (последнее изменение статуса:
28.01.2019)

(21)(22) Заявка: [2016109537](#), 16.03.2016(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
16.03.2016

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 16.03.2016

(45) Опубликовано: [31.08.2017](#) Бюл. № 25

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 69249 U1, 10.12.2007. RU 2434222
C2, 20.11.2011. RU 2349898 C1, 20.03.2009.
JP 0059015837 A, 26.01.1984.

Адрес для переписки:

620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19,
УрФУ, Центр интеллектуальной
собственности, Маркс Т.В.

(72) Автор(ы):

**Поводатор Аркадий Моисеевич (RU),
Цепелев Владимир Степанович (RU),
Вьюхин Владимир Викторович (RU),
Конашков Виктор Васильевич (RU)**

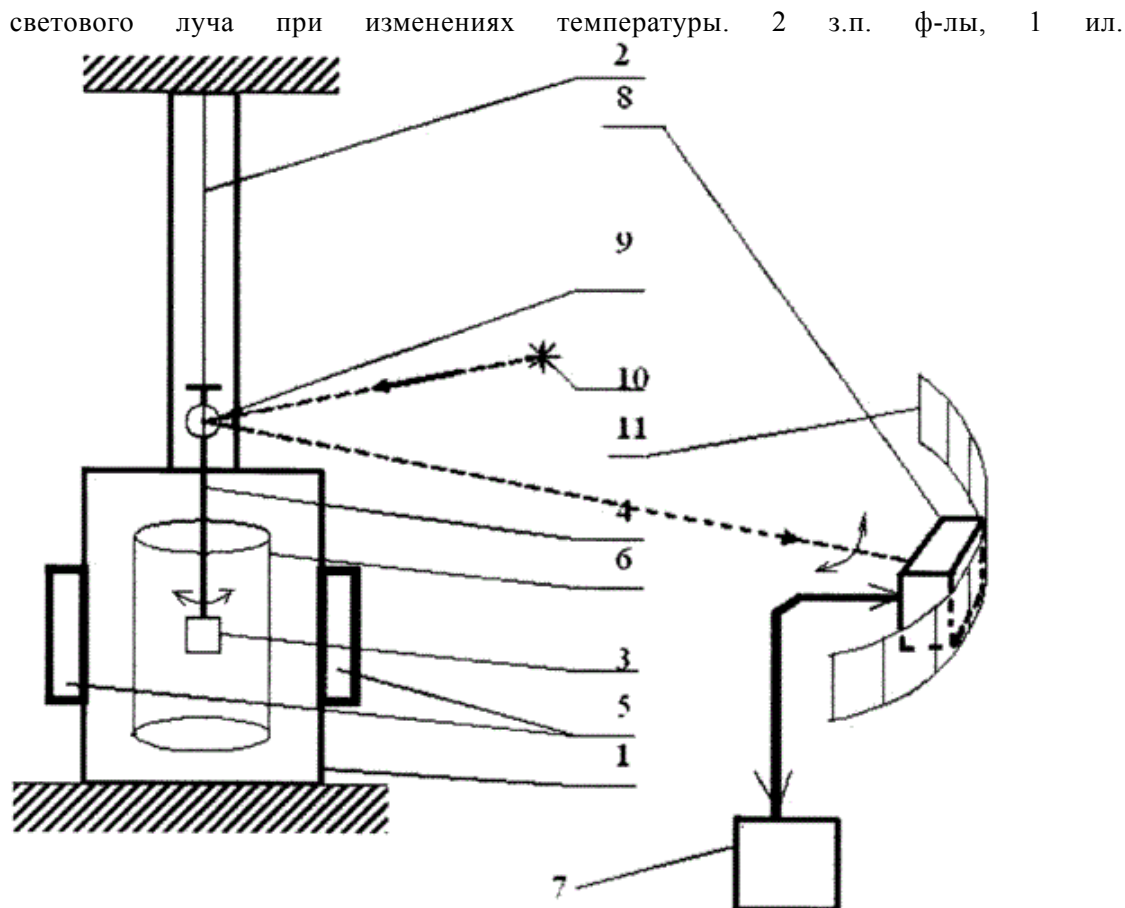
(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н.
Ельцина" (RU)**

(54) Устройство для фотометрического определения удельного электросопротивления
металлических расплавов

(57) Реферат:

Изобретение относится к анализу материалов путем фотометрического определения удельного электросопротивления нагреваемого тела в зависимости от температуры, в частности к определению удельного электросопротивления металлов и сплавов в жидком состоянии. Устройство содержит компьютер, источник света, зеркало, расположенное на закручиваемой упругой нити, на которой подвешен тигель с шихтой, фотоприемное устройство, отличается тем, что фотоприемное устройство выполнено в виде по меньшей мере одного датчика изображения. Технический результат – повышение точности измерений углов отклонений ϕ отраженного



Изобретение относится к технической физике, а именно к анализу материалов путем бесконтактного фотометрического определения удельного электросопротивления нагреваемого тела в зависимости от температуры, в частности к определению удельного электросопротивления металлов и сплавов в жидком состоянии.

Бесконтактное фотометрическое определение параметров металлических жидкостей и расплавов в образце, помещенном в тигель объемом около см³, который подвешен на упругой проволоке внутри вакуумной электропечи, в частности определение удельного электросопротивления ρ образца способом вращающегося магнитного поля, позволяет проводить анализ материалов и давать рекомендации для получения сплавов с заданными характеристиками на предприятиях. Анализ структурно чувствительного термозависимого параметра в виде удельного электросопротивления ρ позволяет выделять в том числе особые температурные точки, в частности гистерезисные характеристики цикла «нагрев - охлаждение».

Известна расчетная формула для сравнительного вычисления удельного электросопротивления ρ - см. пат. РФ №2454656:

$$\rho = \rho_0 \left(\frac{md_0}{m_0d} \right)^{1,76} \left(\frac{\Phi_0/I_0^2}{\Phi/I^2} \right),$$

где m , m_0 - массы исследуемого и эталонного образцов расплава соответственно; d , d_0 - плотности исследуемого и эталонного образцов соответственно; ρ_0 - удельное электросопротивление эталона; Φ , Φ_0 - углы поворота исследуемого и эталонного образцов соответственно, равные угловому отклонению отраженного светового луча; I , I_0 - ток, проходящий по катушкам источника вращающегося постоянного магнитного поля при исследовании образца и эталона соответственно.

Таким образом, для определения ρ необходимо непрерывное измерение углов отклонений Φ отраженного светового луча («зайчика») и построение траектории этих отклонений непосредственно в процессе экспериментов. При этом для обеспечения достоверности, точности и линейности измерений значения Φ выбирают равными единицам градусов. Кроме того, точность увеличивают для каждой из температурных точек посредством осуществления двух измерений значения Φ . Второе измерение проводят при реверсе направления вращения магнитного поля, а истинный угол Φ определяют как среднеарифметический результат обоих измерений.

Известно использование светолучевого осциллографа с непрерывной регистрацией измеряемых параметров на фотобумаге в качестве фоторегистратора и последующем измерении фотоизображения посредством, например, линейки - см. «Политехнический словарь», М., 1980, с. 350. Недостатками такого устройства являются разнесенные по времени эксперименты и получение результатов, а также продолжительное их время обработки.

Известно устройство для бесконтактного измерения вязкости высокотемпературных металлических расплавов, содержащее компьютер, источник света, зеркало, расположенное на закручиваемой упругой нити, на которой подвешен тигель с шихтой, фотоприемное устройство, находящееся на фотоизмерительной линейке - шкале с нулем посередине, по которой колебательно движется отраженный от зеркала световой зайчик, содержащее интегральные фотосенсоры - фотодиоды, зафиксированные на минимальном межцентровом расстоянии (измерительной базе) $L=6$ мм симметрично относительно центра шкалы, а также электромеханический корректор смещения нулевой линии - см. пат. РФ №2408002 - аналог. Период колебаний T упругой нити с зеркалом составляет единицы секунд.

Известно устройство для бесконтактного фотометрического определения характеристик металлических расплавов, содержащее тигель с исследуемым образцом, зеркало, источник света, компьютер, фотоприемное устройство, состоящее из полупрозрачной измерительной линейки и двух фотосенсоров - фотодиодов в центре шкалы, выходная шина которых соединена с компьютером, а также содержащее по меньшей мере две дополнительные пары фотосенсоров - фотодиодов, причем расстояние между парами фотосенсоров одинаковое и в 5-20 раз превышает межцентровое расстояние ($L_p \approx 6$ мм) фотосенсоров внутри пары - см. пат. РФ №2473883 - аналог.

Известно устройство для фотометрического определения удельного электросопротивления металлических расплавов, содержащее компьютер, источник света, зеркало, расположенное на закручиваемой упругой нити, на которой подвешен тигель с шихтой, фотоприемное устройство, компьютер - см. пат. РФ №2454656 - прототип.

Недостатками аналогов и прототипа в условиях быстроменяющейся величины углов отклонений ϕ отраженного светового луча являются, во-первых, как отмечено выше, размер минимальной измерительной базы фотосенсоров (фотодиодов) фотоприемного устройства, определяемой конструкцией фотосенсоров. При этом происходит последовательная регистрация и компьютерная обработка логических электрических сигналов от каждого из фотосенсоров вследствие наличия/отсутствия его (их) засветки. Это не обеспечивает получения возможности непрерывной регистрации текущих координат траектории светового луча, что ограничивает точность и достоверность измерений углов отклонений ϕ и, в конечном итоге, ограничивает точность и достоверность определения удельного электросопротивления ρ расплавов. Во-вторых, расстояние d между зеркалом и фотоприемным устройством, например, при типовом размахе углов отклонений ϕ отраженного светового луча, равном $\pm (3-7)$ град, составляет не меньше (1-1,5) м для вычисления значений ρ с требуемой по методике точностью в единицы процентов. Таким образом, измерительный комплекс занимает много места. В-третьих, точность может уменьшаться из-за влияния температурной деформации в конструкции измерительной установки, например смещений зеркала и/или упругой нити, либо вибрационных артефактов, что требует внесения корректировочных поправок. Вследствие вышеизложенного приходится использовать аппроксимацию, а именно алгоритмическую компьютерную обработку последовательных дискретных результатов, определяемых засветкой или ее отсутствием каждого фотосенсора - фотодиода для получения приемлемых по точности и достоверности конечных результатов и/или корректировочных поправок. При этом в типовом случае дрейфа нулевой линии ее корректировка может быть затруднена.

Задачей предлагаемого изобретения является повышение точности измерений углов отклонений ϕ отраженного светового луча в условиях быстроменяющейся измеряемой величины ϕ при изменениях температуры и, в конечном итоге, электросопротивления ρ металлических расплавов, уменьшение габаритов измерительного комплекса, а также расширение его функциональных возможностей.

Для решения поставленной задачи предлагается устройство для фотометрического определения удельного электросопротивления металлических расплавов, содержащее компьютер, источник света, зеркало, расположенное на закручиваемой упругой нити, на которой подвешен тигель с шихтой, фотоприемное устройство, отличающееся тем, что фотоприемное устройство выполнено в виде по меньшей мере одного датчика изображения, соединенного с компьютером.

Кроме того, датчик изображения выполнен в виде твердотельного линейного имидж-сенсора.

Кроме того, датчик изображения выполнен в виде видеокамеры.

Предложенное устройство обеспечивает технический результат - увеличение объема получаемой информации, повышение объективности, достоверности и точности измерений углов отклонений ϕ отраженного светового луча и, в конечном итоге, электросопротивления ρ металлических расплавов, уменьшение габаритов измерительного комплекса, а также расширение его функциональных возможностей. Кроме того, обеспечивается возможность удешевления фотоприемного устройства и упрощения эксперимента.

Предлагаемое изобретение поясняется чертежом:

фиг. 1 - блок-схема измерительного комплекса.

Измерительный комплекс, блок-схема которого приведена на фиг. 1, содержит вакуумную электропечь 1, в зоне нагрева которой на подвеске 2 коаксиально подвешен тигель 3 для размещения в нем исследуемого металлического образца, соединенный с упругой частью подвески 2 посредством керамического стержня 4. Источник 5 вращающегося магнитного поля, магнитная система которого расположена вокруг вакуумной печи 1, расположен в области высокотемпературной зоны, создаваемой коаксиальным цилиндрическим нагревателем 6, питающимся от трехфазной силовой сети (на фиг. 1 не показано). Компьютер 7 управляет экспериментом и осуществляет все вычисления. Датчик изображения 8 соединен с компьютером 7. Зеркало 9 закреплено на верхнем конце керамического стержня 4. Источник света 10 освещает датчик изображения 8, закрепленный на измерительной линейке 11, которые составляют собственно фотоприемное устройство.

В качестве закручиваемой упругой части подвески 2 используется нихромовая нить длиной 650 и диаметром 0,08 мм. Объем образца исследуемого металлического расплава в тигле 3 составляет 0,5 см³. Магнитная система источника 5 вращающегося магнитного поля выполнена в виде катушек статора трехфазного электродвигателя мощностью 650 Вт и запитана от трехфазного стабилизатора питания (на схеме не показан) через переключатель направления вращения магнитного поля (на схеме не показан). Молибденовый нагреватель 6 включен постоянно в течение всего эксперимента. Компьютер 7 выполнен на ноутбуке HP и соединен с датчиком изображения 8. Зеркало 9 имеет площадь 1 см². Свет попадает на него от источника света 10, например лампы накаливания или лазерного светодиода, через окно-иллюминатор (на схеме не показано) и отражается на датчик изображения 8, а также симметричную горизонтальную полупрозрачную контрольную оптическую линейку 11 с нулем шкалы посередине, в центре которой зафиксирован датчик изображения 8.

Датчик изображения 8 выполнен в виде микросхемы ПЗС (CCD) - или КМОП (CMOS) - имидж-сенсора, преимущественно линейного, предназначенного для промышленного применения, который содержит 12-14-мкм пиксели в количестве от 1024 до 4096 - см. фрагменты каталогов фирм Hamamatsu Photonics K. K. и Toshiba. Оптимально выполнение датчика изображения 8 в виде недорогой (5\$) микросхемы линейного ПЗС монохромного имидж-сенсора TCD1201D фирмы Toshiba, который содержит 2048 пикселей размером 14 мкм, с суммарной длиной фоточувствительной базы 28,6 мм, работающего в видимой спектральной области - см. вышеуказанные фрагменты каталогов, а также www.DatasheetCatalog.com. Использование дополнительной оптической фокусирующей системы возможно, но не является обязательным условием использования имидж-сенсора в качестве датчика изображения 8. Расстояние между ним и зеркалом 9 составляет 0,3-0,5 м. Его дальнейшее уменьшение нецелесообразно из-за возрастания теплового нагрева датчика изображения 8 от электропечи 1. Такое расстояние позволяет получить в 2-4 раз меньшую длину оптического пути в сравнении с прототипом и уменьшить габариты измерительного комплекса. Погрешность вышеуказанного имидж-сенсора в качестве датчика изображения 8 составляет менее 0,1 мм. Это по меньшей мере в 5 раз точнее, чем стандартная измерительная линейка 11 с делениями в 1 мм, в ≈ 50 раз точнее фотосенсоров, используемых в аналогах и прототипе, что позволяет получить непрерывную, практически без дискретной структуры, регистрацию оптического луча. С учетом вышеизложенного при анализе траектории светового луча посредством определения текущих номеров засвеченных пикселей компьютер 7 обеспечивает отображение координат нахождения светового луча даже без аппроксимационных алгоритмов не хуже 0,1 мм. Соответственно, измерение углов отклонений ϕ_i может быть также по меньшей мере в 5 раз точнее в сравнении со стандартной измерительной линейкой 11 при сохранении длины оптического пути в 1

метр. Можно уменьшить длину оптического пути в 5 раз при сохранении точности, аналогичной стандартной измерительной линейке 11.

В случае дрейфа нулевой точки (изолинии, нулевой линии) датчик изображения 8 с вышеуказанным количеством пикселей в сочетании с компьютером 7 позволяет программным способом определять и вводить в процедуру расчетов поправку. Таким образом, предлагаемое устройство обеспечивает расширение функциональных возможностей за счет использования одного датчика изображения 8 в роли как измерительного, так и корректировочного. При этом его перемещение не требуется.

Количество датчиков изображения 8 в виде имидж-сенсоров может быть выбрано в диапазоне от 1 - см. фиг. 1, до 3. Это обусловлено амплитудной динамикой углов отклонений ϕ_i отраженного светового луча для исследуемого расплава, обладающего характерными для его состава значениями плотности, массы, термозависимостью удельного электросопротивления $\rho(t)$, значениями токов в катушках, создающих вращающееся магнитное поле - см. вышеприведенную формулу. Например, при сравнительно небольших углах ϕ_i - меньше 5 град, и близком размещении датчика изображения 8 и электропечи 1 с зеркалом 9, т.е. при сравнительно коротком, меньше 0,3 м, пути отраженного светового луча может быть достаточно одного датчика изображения 8. При длине пути 1 м, в случае изучения высокотемпературных (до 2000°C) расплавов на основе Fe, Co, Ni, и углах ϕ_{jmax} до +/- 20 град, а также несимметричности углов отклонения ϕ_i вправо или влево относительно нулевой точки, которая обусловлена как дрейфом изолинии, так и конструктивными артефактами, оптимально использовать три датчика изображения 8. Один из них центральный - см. фиг. 1, два других размещают симметрично относительно него на фиксированном угловом расстоянии, характерном для наиболее часто исследуемых расплавов. При этом угол отклонения ϕ_i определяют как среднеарифметическое значение углов отклонения $\phi_{1,2}$ в одну и другую сторону от нулевой линии посередине шкалы для каждой изучаемой температурной точки t_i . Например, при вышеприведенном случае с длиной пути отраженного светового луча 1 м, высокотемпературных расплавах на основе Fe, Co, Ni и углах ϕ_{imax} до +/- 20 град центры этих двух датчиков симметрично размещены на угловом расстоянии $\phi_{дат}$ в диапазоне $\phi_{дат} = \pm(10-20)$ град.

Кроме того, в случае высококачественного выполнения конструкции исследовательского комплекса, исключения дрейфа изолинии, изучения низкотемпературных расплавов можно использовать два датчика изображения 8 - центральный и один из боковых и даже единственный боковой датчик изображения 8.

Применение в качестве датчика изображения 8 стандартной цифровой видеокамеры, обладающей разрешением, по меньшей мере, несколько мегапикселей и возможностью стоп-кадра, или цифрового фотоаппарата в режиме видеосъемки позволяет получать в режиме on-line комплект файлов для каждой из температур с дополнительной возможностью постэкспериментального анализа динамики траекторий светового луча.

Предложенное устройство обеспечивает технический результат - увеличение объема получаемой информации, повышение объективности, достоверности и точности измерений углов отклонений ϕ отраженного светового луча и в конечном итоге, электросопротивления ρ металлических расплавов, уменьшение габаритов измерительного комплекса, а также расширение его функциональных возможностей. Кроме того, обеспечивается возможность удешевления фотоприемного устройства и упрощения эксперимента.

Предложенное техническое решение, содержащее вышеуказанную совокупность отличительных признаков, а также совокупность ограничительных и отличительных признаков, не выявлено в известном уровне техники, что, при достижении вышеописанного технического результата, позволяет считать предложенное техническое решение имеющим изобретательский уровень.

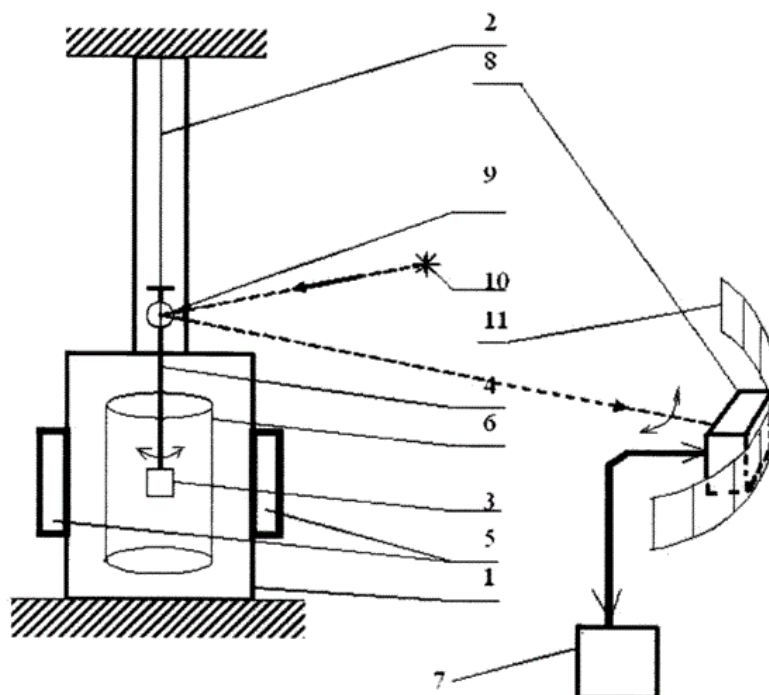
Формула изобретения

1. Устройство для фотометрического определения удельного электросопротивления металлических расплавов, содержащее компьютер, источник света, зеркало, расположенное на закручиваемой упругой нити, на которой подвешен тигель с шихтой, фотоприемное устройство, отличающееся тем, что фотоприемное устройство выполнено в виде по меньшей мере одного датчика изображения, соединенного с компьютером.

2. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что датчик изображения выполнен в виде видеокамеры.

3. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что датчик изображения выполнен в виде твердотельного линейного имидж-сенсора.

Устройство для фотометрического определения
удельного электросопротивления
металлических расплавов



Фиг. 1

ИЗВЕЩЕНИЯ

ММ4А Досрочное прекращение действия патента из-за неуплаты в установленный срок пошлины за поддержание патента в силе

Дата прекращения действия патента: **17.03.2018**

Дата внесения записи в Государственный реестр: **23.01.2019**

Дата публикации и номер бюллетеня: [23.01.2019](#) Бюл. №03